DOI:10.14113/j.cnki.cn11-1316/j.1992.03.005

中国音乐学（季刊）1992年第3期
MUSICOLOGY IN CHINA

● 童忠良

舞阳贾湖骨笛的音孔设计与宫调特点

距今7000多年至8000年以前的舞阳贾湖骨笛，像一股狂飙般的冲击波，正在并即将更大地震憾着中外音乐界。1987年底，笔者随同骨笛考察组参与了有关的试奏测音工作，后又根据黄翔鹏、张居中等人公布的资料与数据分析，同武汉音乐学院蒋朗蟾、荣政、李幼平等人一齐，先后仿制了五支七孔骨。本文关于骨笛若干问题的论证，就是根据上述已公布的资料与模拟试验的初步成果所作的推测，难免有臆断之处，望能得到指正。

舞阳贾湖裴李岗文化遗址内所出土的骨笛，既非一、两支，也非十余支，先后多次出土的一批骨笛实多于上述数目，但目前暂只公布了3支骨笛的一部分资料。这些骨笛多为鹤类尺骨七孔笛，也有一些骨笛是多于七孔和少于七孔的。不少骨笛的音孔旁尚存钻孔时设计音孔位置的横线刻记。可以看出，开孔前的刻线显然是根据某种特定的比例关系计算好了的。今天我们如果能根据有关的资料推断出各孔距的长度关系，不仅可使其余某些破残的骨笛有可能得以复原，而且还可通过模拟考古的方法，进一步找出这批远古骨笛所具的宫调特点，从而为我们重新研究中国古代音乐史的某些重大结论提供参考与依据。

一

已公布的三支七孔笛为标本M282:20、标本M282:21和标本M78:1。试奏测音所选取的是保存最完整的七孔笛M282:20。此骨笛孔距的精确数据可从已公布的资料推测出来：已知骨笛全长为22.2厘米，又知照片图上的骨笛为实物的$\frac{1}{2}$①，因此，只需将图中骨笛各孔距乘以2即为实际长度。然而，值得注意的是，此骨笛的开孔尺寸作过较大的调整。从它的第7孔旁所另开的一个微调小孔来看，可能是因尾端与第7孔的距离失之过短，而头端与第1孔的距离又有可能失之过长，因此，似难以完全根据此特例来推测这批骨笛孔距设计的一般规律。

可喜的是最近又公布了另外两支骨笛的资料。我们可用同样的方法求出这两支骨笛的孔距实长。标本M282:21与上述的标本M282:20同出于282号墓，出土时安放在墓主人左股两

侧。从已公布的资料得知，标本M282:21全长为23.6厘米，而照片图中该骨笛的长度仅8.4厘米②，即图中骨笛需放大2.81倍才能与实物等同；所公布的另一支骨笛标本M78:1，实长20.3厘米，图中骨笛长度仅8.6厘米③，需乘以2.36才可放大到原实物的长度。据此，求得这三支骨笛孔距长度如下表：

孔距 长度 标本	全长	尾端至各孔的距离(单位:厘米)						
		7孔	6孔	5孔	4孔	3孔	2孔	1孔
M282:20	22.2	4.6(大) 5.16(大小)	6.6	8.18	10.04	11.68	13.58	15.42
M282:21	23.6	5.45	7.64	9.50	11.41	13.52	15.37	17.17
M78:1	20.3	5.13	6.73	8.85	10.36	12.04	13.85	15.46

当然，上例的推算难免会出现误差。据笔者所掌握的资料，少数孔距的最大误差不超过0.35厘米，应该说这是在允许范围之内的误差。何况此误差主要仍出自实物测量。同一支骨笛如作两次测量，所测的数据往往也会略有出入。比如标本M282:20与标本M282:21都曾作过两次测量，所测的数据前者相差0.2厘米，后者相差0.35厘米，但它们的相对长度关系不变。这样细微的误差也不致影响对音孔设计的推测。

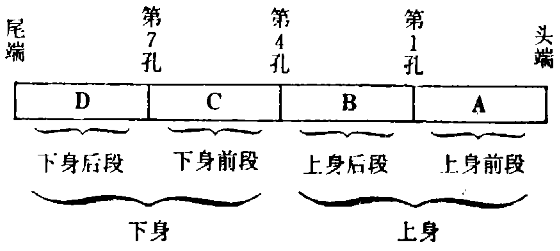
如何通过以上的数据来探讨七孔笛的音孔设计？似有两种探讨方法：其一是从推测古人钻孔先后顺序的制作方法入手来研究音孔设计；另一种是避开钻孔顺序而直接从各孔距的长度找出其设计规律。应该说这两种方法都无可非议，但在目前资料不足的情况下，笔者更倾向于后者，因为各孔距的长度是客观存在的，只要有关的数据误差不大，所得的结论可能较少带有主观臆测性。

为了更好地利用以上数据，我们不妨先看看现今民间存在的某些吹管乐器的孔距设计。以苗族的民间竖吹笛箫乐器为例，各孔距的尺寸是按一定规范化的比例开孔的④。如苗族气鸣乐器直通箫（音译展道杆），为两头完全相通的直通六孔管。其音孔设计的要点在于把握好头端、尾端、第一孔（民间称第6孔）与第6孔（民间称第1孔）这四个点的间距。头端(或分气洞）至第1孔称之为上身，第1孔至第6孔称之为下身。其规范化的比例是上身与下身等长或基本相等，各邻孔的间距大体相等，筒音与第1孔所发之音呈八度关系；又如另一件苗族乐器塞箫（音译展尖），也与上述直通箫的音孔设计相似，除上述尺寸比例完全一样之外，另有尾部的长度略短于孔距乘以2等等。这里所说的“设计点”、“等长”、“上身”、“下身”、“八度关系”、“略短”等概念，对我们研究舞阳贾湖骨笛的音孔设计可能会有一定的参考价值。

仔细观察一下这三支骨笛的孔距，不难发现它们的头端、第1孔、第4孔、第7孔与尾端这五个点的间距存在着大体近似的等长关系。下表为各点间距的实测长度，括号内为实长与该骨笛的1/4或1/2长比较后的误差（单位均为厘米）；

<table>
<tr><th>点　　距</th><th colspan="4">尾端　　　　7孔　　　　4孔　　　　1孔　　　　头端</th></tr>
<tr><td rowspan="2">M282:20
$\frac{1}{4}$=5.55
$\frac{1}{2}$=11.1
全长=22.2</td><td>大 4.6 (—0.95)
{大/小} 5.16 (-0.39)</td><td>4.88
(0.67)</td><td>5.38
(-0.17)</td><td>6.76
(+1.23)</td></tr>
<tr><td colspan="2">10.04
(-1.06)</td><td colspan="2">12.16
(+1,06)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">M282:21
$\frac{1}{4}$=5.9
$\frac{1}{2}$=11.8
全长=23.6</td><td>6.43
(+0.53)</td><td>5.76
(-0.14)</td><td>5.96
(+0.06)</td><td>5.45
(-0.45)</td></tr>
<tr><td colspan="2">11.41
(-0.37)</td><td colspan="2">12.09
(+0.39)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">M78:1
$\frac{1}{4}$=5.08
$\frac{1}{2}$=10.15
全长=20.3</td><td>4.45
(+0.31)</td><td>4.91
(-0.17)</td><td>5.1
(+0.02)</td><td>4.84
(-0.6)</td></tr>
<tr><td colspan="2">10.36
(+0.21)</td><td colspan="2">9.94
(-0.21)</td></tr>
</table>

从上表可以看出，如以头端至第4孔为上身、以第4孔至尾端为下身，那么，上身与下身大体等长。由此可见第4孔在骨笛中的重要性，后面研究宫调特点时我们还会再次提及此音孔，并可以从中看出音孔设计与宫调特点的某种联系。此外，又可将上身以第1孔为中点分为A、B两段，并将下身以第7孔为中点分为C、D两段，那么，除 M282:20 的A、D段外，其余各笛的A、B；C、D均大体相当于骨笛全长的$\frac{1}{4}$：



按照上图的关系检查一下上例三支骨笛各段的实际长度，除M282:20存在着1厘米以上的误差外，其余各段的误差均仅在0.02至0.67厘米之间，说明此孔距比例与实际基本相等。此外，正是由于M282:20的误差过大，使得早期新石器时代的先民不得不在此骨笛的第7孔旁另开小孔加以校正。这或许可从反面来证明本文所归纳的孔距比例确实是符合客观实际的。

从等长的角度来讲，中点既可能正好落在全长的$\frac{1}{2}$处，也可能稍有偏颇，或上身稍长，或下身稍长，如上例三支骨笛的上身与下身都并非绝对精确的等长。即使如此，如将A、B、C、D四段作不同的组合，仍有可能出现较精确的等长关系：

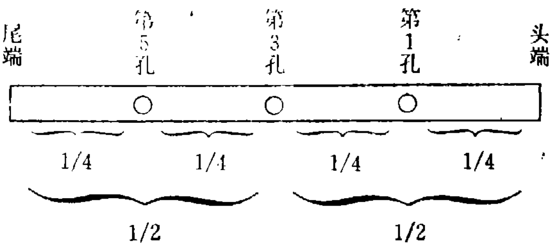
(1) A+B≃C+D，即上身与下身基本等长

(2) A+C≃B+D，即两前段与两后段基本等长

(3) A + D≃B + C，即两外段与两内段基本等长

上例的三支骨笛同样可按这三种等长模式重新加以测算：如将标本M76:1按模式（1）测算，其误差仅为±0.21厘米；将标本M282:20按模式（2）测算，其误差仅为±0.06厘米；将标本282:21按模式（3）测算，其误差仅为0.39厘米。这就进一步缩小了误差。这三种等长模式对研究其余的骨笛应该是有意义的，因为上、下身的某段稍长或稍短，可能是较常见的现象，但它们之间仍然存在着某种等长关系却是值得注意的。

如果上述推测无误，那么我们也可以此来推测少于七孔及多于七孔的骨笛音孔设计规律。以五孔笛为例。根据以上关于中点将笛身一分为二的孔距比例，可知五孔笛的第3孔一般应在笛长$\frac{1}{2}$处。其头端、第1、3、5孔及尾端这几个点的间距也应基本等长。如下图所示：



当然，这只是基本比例关系，还可按前面所述的三种等长模式而小有变化。至于其余各孔距，多按相邻孔距大体等长的比例关系开孔，这种细部近似等长关系已有文论及，此处不赘。

此外，六孔笛与八孔笛同样可根据七孔笛的孔距比例来推测。六孔笛有可能以第4或孔第3孔为中点，将骨笛分为基本等长的上身与下身；八孔笛则有可能以第5孔或第4孔为中点，将骨笛分为大体相等的两段。这些都有待其余的骨笛的资料公布后加以检验与证实。

至于八度关系，单纯从孔距比例的角度着眼较难作深入的探讨。如果说，孔距问题可能在一定程度上与宫调有着某种联系，那么，八度关系与宫调的联系则可能更为密切。

仍以苗族的塞箫为例，其八度关系由筒音与第1孔的发音所产生。如以分气洞至尾端为全长，第1孔则约在离尾端的十分之六处。这一比例关系与标本M282:20较相似，它的筒音与第2孔产生八度关系，第2孔也大体在全长十分之六处（仅0.32厘米之差）。但另两支骨笛的情况稍有不同，两者的第2孔均约在笛长的三分之二处（标本M282:21仅0.36厘米之差，标本M78:1仅0.32厘米之差）。

这三支骨笛还有另一个八度关系，由第1孔与第7孔的发音所产生。其开孔比例也基本上与前一个八度关系相同。从第7孔算起，第1孔也大体在第7孔至吹口的十分之六或三分之二处。这里要特别提及标本M282:20的八度。该笛第7孔旁另开的一个奇特的小孔，不禁使笔者联想到在德、奥等国至今尚流传于民间的木制竖笛（Blokflöte），此笛同样在尾端的大孔旁开有一小孔，该小孔系高半音指法。而标本M282:20的小孔所发之音也约高半音（70—105音分）。两者如此相似，实在令人惊叹。测音组用此笛所试奏的乐曲《小白菜》，开始音A_6与结尾音A_5所呈的八度关系是用第1孔与第7孔奏出的，其中，A_5是大小七孔同时开放所发之声。所呈之八度约1220—1230音分，大体相当于高一个古代音差的八度，所以听起来仍较自然。这些，也许有助于我们理解古代祖先为什么要特别另开小孔来强调此八度关系的实践意义。

二

标本282:20试奏测音所获取的数据有14种之多。其中有一种数据与其它13种数据的差距

甚大，这可能是因口风控制不一致所造成的，故本文将第14种数据作为特例在后面另论。此处先取前13种不同测音的108个数据为样本。下表各孔的数据，均按13次测音的顺序编号，其中，第7孔方括号内的数据，为同一次测音时开大、小两孔或仅开大孔的不同取样：

1孔 A_6	(一)8158　(二)8158　(三)8153　(四)8137　(五)8136 (六)8114　(七)8064　(八)8053　(九)8080　(十)8080 (十一)8190　(十二)8130　(十三)8115
2孔 $^{\#}F_6$	(一)7860　(二)7850　(三)7864　(四)7837　(五)7855 (六)7826　(七)7803　(八)7836　(九)7800　(十)7800 (十一)7870　(十二)7820　(十三)7830
3孔 E_6	(一)7616　(二)7621　(三)7622　(四)7600　(五)7596 (六)7585　(七)7556　(八)7580　(九)7580　(十)7580 (十一)7620　(十二)7600　(十三)7590
4孔 D_6	(一)7416　(二)7414　(三)7399　(四)7399　(五)7401 (六)7392　(七)7349　(八)7380　(九)7400　(十)7380 (十一)7400　(十二)7390　(十三)7395
5孔 C_6	(一)7224　(二)7222　(三)7215　(四)7200　(五)7188 (六)7205　(七)7163　(八)7200　(九)7170　(十)7190 (十一)7240　(十二)7215　(十三)7205
6孔 B_5	(一)7075　(二)7061　(三)7049　(四)7043　(五)7051 (六)7060　(七)7040　(八)7053　(九)7030　(十)7100 (十一)7100　(十二)7030　(十三)7065
7孔 L_5	(一)6908　(二)6913　(三)6880　(四)6890　(五)6909 (六)6900　(七)〔6889；6616(仅大孔)〕　(八)〔6888；6818(仅大孔)〕 (九)〔6890；6810(仅大孔)〕　(十)〔6885；6780(仅大孔)〕 (十一)6880　(十二)6880　(十三)6900
筒音 $^{\#}F_5$	(一)6644　(二)6652　(三)6570　(四)6629　(五)6728 (六)6632　(七)6616　(八)6618　(九)6620　(十)6620 (十一)6620　(十一)6620　(十二)6623(不清)　(十三)6625

为了便于深入研究，现先从以上数据求出其平均值、全距、标准差及离散系数等指标，并从对它们的综合分析中作出可靠性程度的判断。

平均值系按$\overline{X}=\frac{\Sigma X}{n}$的公式计算的算术平均数。它是对上述13次音分测定的概括和抽象，它所代表的各次测音的一般水平，有助于我们从众多的数据中掌握现象的本质；全距则是各孔在13次测音中最大百分值与最小百分值之差，从中可直观地显示平均值可能受极端值

影响的程度。

标准差系按$X\sigma_n=\sqrt{\frac{\Sigma(X-\overline{X})^2}{n}}$的公式所求出的方差。它是测定标志变动度的重要的方法；离散系数则是根据$\overline{V}\sigma=\frac{\sigma}{\overline{X}}\times100\%$的公式求出，为标准差与平均值之比，此处用百分数表示。它使我们能在分析比较平均值代表性的时候，排除标志值水平是否相同这一因素作出比较符合实际的结论。

笔者相信，在现有条件下，从上述几个方面来综合分析，可能比单纯从极少数的样本推算出的算术平均数更为可靠。具体如下表：

孔别	平 均 值	全距	差准标	离散系数	可靠性结论
1孔	8123.08	170	42.45	0.52%	较 差
2孔	7837.77	70	21.17	0.27%	较 好
3孔	7595.85	66	19.28	0.25%	较 好
4孔	7393.46	67	16.38	0.22%	较 好
5孔	7202.85	77	20.70	0.29%	较 好
6孔	7058.23	70	21.75	0.31%	较 好
7孔	6893.23	33	11.12	0.16%	极 好
筒音	6630.54	158	33.51	0.51%	较 差

从以上指标至少可得出以下几点看法：

（1）虽然管乐器测音可能因气量控制与气流力度不一致而影响各孔的音高，然而，从上例测定的离散系数来看，除个别音孔外，大都在0.31%以下，根据离散系数大小与平均值代表性大小成反比例的特点，可知除个别音孔外，总体来讲，各孔平均值的代表性均较理想。

（2）经过另钻小孔调音校正后的七孔，大小二孔同时开放时所发音高的平均值，其离散系数仅0.16%，且标准差与全距都极小，根据变异指标大小与平均指标大小成反比例的特点，可以确认，此音孔经制笛者校正后，其平均值具有极好的代表性。

（3）2、3、4、5、6各孔的全距，标准差以及离散系数均为小值。根据变异指标值小，平均指标代表性大的特点，可以认定这些音孔均具有较好的代表性。其代表性的大小根据离散系数依序为4、3、2、5、6孔。

（4）1孔与筒音由于全距较大，且标准差与离散系数也都大于其余各孔，相对而言，1孔与筒音的平均值代表性是较差的。因此，在下文对某些问题作出论断时，可能需将1孔与筒音的平均值作适当处理，而不应完全根据上述数据来立论。

尽管如此，总的来讲，以上各孔的平均值仍是相当可靠的。这不仅可以消除我们对测音数据的某些不必要的疑虑，而且更重要的是可为有关的乐律研究提供具有说服力的依据。

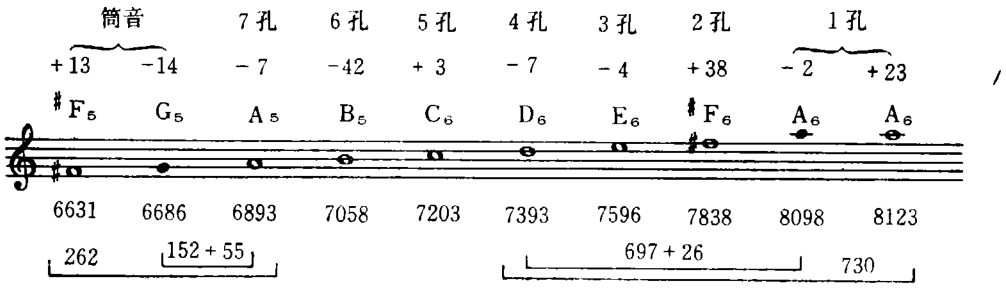
至于，1孔与筒音的平均值代表性不够理想的问题，应尽可能避免主观的取捨，而仍根据实际测音数据作合理的调整。为此，我们不妨专门分析一下作为特例的第14次测音，虽然各孔的发音均略高于前13次试奏，但各孔之间相对音程关系仍应是准确的，其具体数据如下：

筒音	7孔	6孔	5孔	4孔	3孔	2孔	1孔
6693	6845	7005	7135	7336	7536	7736	8015

152　1043　1170　679

从上例可以看出，筒音与第2孔并非呈八度关系，两者仅1043音分，即略高于小七度，略低于大七度；同样，7孔与1孔也并非高一个古代音差的八度关系，两者仅1170音分，即约为少一个古代音差的八度。加之筒音与7孔之间的小三度已缩小半音有余，4孔至1孔的纯五度也缩小20余音分，这些都说明，在实际演奏中，确实有可能出现筒音稍高或1孔略低的情况。

到底筒音可能稍高多少？1孔又可能略低多少？为了慎重起见，拟分别确认筒音与1孔各有两个不同的音高，即一次取具有代表性的前13次测音的平均值；另一次则以此平均值与第14次测音数据之差的算术平均数作为微调。前已论及此笛的第7孔与第4孔的平均值代表性最理想，因而可以从这两个笛孔出发，确认第7孔至筒音为262音分或152音分，两者之差的算术平均数为55音分；第4孔至第1孔为730音分或679音分，两者之差的算术平均数为26音分。现根据前13次测音的平均值并补充以对个别音的微调，求得各孔的数据如下：



(实际音高比记谱高八度)

从以上数据至少可得出下列结论：

其一，4孔D_6至7孔A_5为较标准的纯四度，即7393—6893＝500音分，为平均律纯四度，与自然律纯四度仅相差一个斯基斯马；

其二，3孔E_6至7孔A_5为较标准的纯五度，即7596—6893＝703音分，与自然律纯五度仅1音分之差；

其三，1孔A_6有两个音高。若取第一音高8123，那么，1孔A_6至7孔A_5则为8123—6893＝1230音分，几乎相当于纯八度加一个古代音差；若取第二音高8098，则为8098—6893＝1205音分，与纯八度更接近。

因此，可以初步推断，这支骨笛应是能较好地演奏出以A为调式中心音的六声音阶或七声音阶的，这是因为A音不仅有自然律的纯五度与纯四度的支持，而且还有八度音的重复，

在音列中，以上这几点对调式中心的确认都是至关重要的。

· 记得测音组用此笛测试时，开始也曾选择过几首乐曲试奏，结果很自然地就确定只测《小白菜》，因为当时感到演奏此曲最方便，听起来也最自然。现在稍加分析就可知：此曲是徵调式的，如欲将其调式主音用八度加以强调，正可用1＝D的调高演奏。乐曲开始于徵音A_6（用第1孔奏出），结束于徵音A_5（用第7孔奏出），所呈的八度听起来是自然的，此外，该曲第一乐节与第二乐节的落音是E_6与D_6，正好与调式中心A音呈纯五度与纯四度关系，听起来相当纯正。这些都说明了上述初步推断与实际演奏效果是较符合的。

我们对仿制骨笛多次模拟试奏的结果是：除A调指法涉及口风控制等其它因素外，其余的D调指法、G调指法以及C调指法都是顺口的。曾以4孔为宫的D调指法试奏《小白菜》与《西宫调》，以筒音为宫的G调指法试奏《梅花三弄》与《妆台秋思》，以5孔为宫的C调指法试奏《阳关三叠》与《一枝梅》等曲。在试奏过程中，筒音与2孔吹奏$^{\#}$F音或G音也都较自然。当然，由于所仿制的骨笛目前尚不甚理想，因此，上述情况只能作为进一步分析研究的参考。

模拟试奏给人的启示是，不排除此骨笛多宫演奏的可能性。现根据实际测音的平均值，分别以模拟试奏的不同宫音为"±0"，将这几种可能性的音律数据整理如下：

音　　阶	筒　音 $^{\#}F_5$(或G_5)	7孔 A_5	6孔 B_5	5孔 C_6	4孔 D_6	3孔 E_6	2孔 $^{\#}F_6$(或G_6)	1孔 A_6
清商音阶	+38　−7 角（和）	±0 徵	−35 羽	+10 闰	±0 宫	+3 商	+45 角	+30 徵
新音阶	±0 宫	+7 商	−28 角	+17 和	+7 徵	+10 羽	+52　−48 变　（宫）	+37 商
古音阶	+28　−17 中（徵）	−10 羽	−45 变	±0 宫	−10 商	−7 角	+35　−65 中　（徵）	+20 羽

推测之一——构成清商音阶可能性的分析：这是一种以4孔为宫的六声清商音阶或七声清商音阶。4孔的孔距约在骨笛全长的正中，是以为宫。如以1孔与7孔为调式主音，即构成徵调式六声清商音阶，此时筒音为$^{\#}$F（角）；但筒音亦有可能奏出G音（和），此时则为徵调式七声清商音阶。两者均以5孔为闰，该音又偏高，正符合清商音阶中闰音偏高的特点；后者以筒音为和，此音恰略低，亦符合七声音阶中和音偏低的特点，因之，此推测的可靠性是极大的。

推测之二——构成新音阶可能性的分析：这是一种以筒音为宫的六声新音阶或七声新音阶。它的5孔和音略高，正符合新音阶中和音偏高的特点。但在新音阶中，变宫一般是偏低的，此处的2孔变宫却偏高52音分，毕竟有所不符。不过，2孔所奏之音亦可看作是宫音偏低48音分，这样就实为六声新音阶。如将八度作为调式中心加以强调，则以商调式六声新音阶的可能性为较大。

推测之三——构成古音阶可能性的分析：这是一种以5孔为宫的七声古音阶或六声古音

阶。它的6孔变宫偏低，符合古音阶变宫偏低的特点。然而，古音阶的中音一般应是偏低的，此处2孔的中音却偏高。但考虑到宫音的下方小三度，上方大三度与大二度均与纯律小三度、大三度、大二度较接近（依序各仅6、7、8音分之差），如将八度作为调式音加以强调，则仍有可能形成羽调式六声或七声古音阶。

综上所述，此笛多宫演奏的可能性是存在的，即六声清商音阶的可能性可以首先肯定；七声清商音阶的可能性也相当大；六声新音阶的可能性亦有之；此外，也不能完全排除六声或七声古音阶的可能性。

总之，这批实物与测音资料说明，距今8000年左右，我们的祖先不仅有了极其精微、规范的五孔笛、六孔笛、七孔笛、八孔笛，而且还在音乐实践中运用了多宫的六声音阶或七声音阶。这一事实距原有的结论是那么远，它将中国古代乐器及其宫调构成的历史提早了几千年。当我们从当今世界上一些比较有权威的音乐辞典中读到有关中国古代音乐的资料时，不难发现至今仍存在着不少有待修正的论断，诸如中国最早的乐器是距今4000年前的埙；笛子可能是从中亚传入中国的；中国远古的音乐是五声音阶，到周代才形成七声等等，这就不禁使我们感到自己责任之重大。如果说，10余年前所发现的河姆渡骨哨已开始对上述论断的某些问题作了否定的回答，那么，当人们为舞阳贾湖骨笛的文明所惊叹不已的时候，我们完全可以理直气壮地向世界宣告：现在是由我们自己进一步改写中国音乐史中某些重大结论的时候了！

---

① 参见河南省文物研究所《河南舞阳贾湖新石器时代遗址第二至第六次发掘简报》（载《文物》1989年第1期）

②③ 参见张居中《舞阳贾湖遗址出土的龟甲和骨笛》（载《华夏考古》1991年第2期）

④ 参见杨秀昭、卢克刚、何洪叶《广西少数民族乐器考》（漓江出版社1989年3月出版）。

〔编辑部收到本文日期：1991年10月11日〕

作者简况：童忠良，男，1935年生，现在武汉音乐学院工作。